

Anejo nº7:

PROCESO CONSTRUCTIVO



Celia Traver Abella



ÍNDICE

1. OBJETO DEL INFORME	2
2. PROCESO CONSTRUCTIVO	2
2.1. Demolición de la estructura actual	2
2.2. Operaciones previas	4
2.3. Movimiento de tierras.....	5
2.4. Subestructuras (Pilotes, encepado y muro).....	6
2.5. Superestructura (Tablero, arco y péndolas).	10
2.6. Losa colaborante.	12

1. OBJETO DEL INFORME

El objeto de este anejo es establecer el Proceso Constructivo mediante el cual se definan las tareas a llevar a cabo para la ejecución de la estructura, así como para la demolición de la estructura existente actualmente y las tareas previas a realizar. La fijación a nivel de detalle del Proceso constructivo excede del Proyecto básico, y corresponderá al adjudicatario de la obra, teniendo en cuenta los medios reales de los que se disponga y el rendimiento de los equipos.

En el proceso constructivo presente, se tiene como fin lograr los siguientes objetivos:

- Asegurar la viabilidad de las obras desde el punto de vista de su ejecución.
- Evitar al máximo posible el impacto que la ejecución de la obra supone en el tráfico existente, garantizando en todo momento el funcionamiento de la avenida Papa Luna con la máxima seguridad y con acceso abierto a vehículos y peatones, en la medida correcta.
- Realizar una utilización óptima de los recursos de mano de obra, maquinaria y materiales, evitando las puntas de trabajo.
- Realizar oportunamente los tajos críticos que impidan la realización de posteriores trabajos y puedan crear un alargamiento en el plazo de ejecución de la obra.

2. PROCESO CONSTRUCTIVO

En cuanto al proceso constructivo, se debe tener en cuenta todos los procesos a realizar, sin olvidar la documentación y trabajos previos al inicio de las obras.

2.1. Demolición de la estructura actual

Antes de comenzar con los trabajos de la obra (tanto los previos como la ejecución), se debe llevar a cabo la labor de deconstrucción de la antigua estructura que se encuentra en el emplazamiento, es decir, realizar la demolición del paso actual sobre la rambla.

En primer lugar, se debe elegir adecuadamente el tipo de demolición. Viendo el tipo de estructura presente, de tamaño bastante moderado, con apenas 3 metros de altura y alrededor de unos 40 metros de largo, se opta por un tipo de demolición por empuje. Observando que la premisa básica para llevar a cabo esta solución es que la altura de la estructura a demoler no sobrepase a la pluma de la máquina en altura, y que se encuentre disponible un terreno plano adyacente a la estructura sobre el cual apoye la retroexcavadora.



Figura 1. Vista de la estructura a demoler.

De manera previa al comienzo de la demolición, se deberá elaborar el correspondiente proyecto de demolición (que constará de todos los documentos necesarios). También, se tienen que realizar todas las labores de inspección previa de la estructura a demoler, siendo las siguientes:

- Conocer la antigüedad de la estructura inicial y las técnicas con la que fue construida.
- Características, variaciones y el estado de dicha estructura.
- Edificaciones medianeras (con su respectivo estado), vías de tránsito, acceso para maquinaria y medios para la evacuación de escombros y material demolido.
- Apeos y apuntalamientos, de forma que se aseguren todos los elementos que puedan ocasionar un derrumbamiento repentino.
- Retirada de material demolido que pueda ser reutilizable (separándolo de los escombros a evacuar no necesarios).
- Delimitar y acotar todos los accesos y desvíos necesarios, tanto para la maquinaria como para los vehículos del personal.

Además de todas estas operaciones, hay que anular todos los suministros y acometidas, tanto aéreas como subterráneas, que se encuentren en la zona (red eléctrica, suministro de agua, suministro de gas...). Por lo que se acometerá un análisis en profundidad de todos los servicios que puedan verse afectados y por tanto, aquellos que hay que desviar y posteriormente, reponer tras la finalización de la estructura (ya que esta anulación se mantendrá después de la deconstrucción de la estructura actual, de cara a la construcción de la nueva).

Posteriormente, se llevará a cabo la protección tanto individual como colectiva de trabajadores y usuarios de la zona. Estas actividades comprenden el vallado perimetral de la zona de actuación (que se mantendrá en la realización de la obra), la protección de la vía pública y la correspondiente señalización, tener en cuenta tanto el ruido como el polvo que se puede liberar en este tipo de obras (para ello se realizarán las correspondientes medidas), proveer a todo trabajador de material de seguridad personal, etc.

A continuación se muestra una imagen de la zona de actuación tanto en la demolición como en la posterior construcción de la estructura, la cual exige el desvío provisional del tráfico tanto de vehículos como de peatones que circulan por la Avenida Papa Luna. Para ello, se ha decidido realizar un desvío provisional por la CV-1405, que discurre ligeramente paralela a la calle cortada, de modo que se permite el acceso a todas las instalaciones y

viviendas adyacentes a la zona sin crear problemas excesivos para los usuarios. La maquinaria y personal de la obra podrá acceder a la zona por la Avenida Papa Luna.



Figura 2. Zona de actuación de la obra y desvío provisional del tráfico.

Como en cualquier tipo de obra de construcción, también será necesario la obtención de todos los permisos y licencias correspondientes.

Esta demolición se llevará a cabo con una retroexcavadora (Caterpillar 345D L o similar), a la que se adosa un martillo rompedor hidráulico (tipo NPK E-213 o similar), con la opción adicional de poder realizar el corte de las armaduras con elementos auxiliares de corte de ferralla en caso de ser necesario, o incluso, con la utilización de mandíbulas hidroneumáticas (remplazando en el momento de corte el martillo hidráulico por ésta).

Como se ha comentado anteriormente, se realiza una demolición por empuje. Al optar por este tipo de demolición, hay que asegurar que haya el correspondiente espacio de terreno plano, para que de esta forma la maquinaria pueda asentarse y proceder a demoler la estructura de forma segura. Para ello, se observa que hay espacio suficiente tanto en la parte superior de la estructura como en la misma rambla, ya que el cauce normal es bastante reducido, y hay espacio para que trabaje sin problemas. Sería imprescindible tener en cuenta el riesgo de posibles avenidas o periodos ocasionales de lluvia que incrementen el cauce, para trabajar en las mayores condiciones de seguridad posibles.

Para comenzar la demolición, de forma que se quede el esqueleto estructural visto para actuar con el martillo hidráulico y retirar los elementos de la obra, se elimina previamente tanto el firme como la zona de transición.

Para ello, se realizan varias catas (una de ellas en el firme y otra en aceras) para observar y conocer de forma clara el espesor y material de éstas. El firme se eliminará mediante fresado (con ayuda de una máquina fresadora), mientras que la zona de tránsito y aceras, se demolerán con el martillo rompedor de la retroexcavadora. La demolición de la estructura del puente, una vez retiradas las anteriores capas y dejando visto el esqueleto, se realizará también con el martillo rompedor.

Las tareas descritas de la eliminación del firme se llevarán a cabo desde la parte superior de la estructura, donde la maquinaria puede acceder fácilmente y dispone de un terreno llano donde asentarse, además serán realizadas en franjas longitudinales de forma que la estructura disponga en todo momento de las condiciones de apoyo y no se ocasionen desestabilidades. En caso de ser necesario porque no haya sido posible demoler la totalidad de la estructura desde la parte superior, se realizará la demolición final desde el cauce de la rambla, realizando un rasante adecuado mediante relleno y una rampa de acceso a la zona por donde debe acceder la maquinaria.

Al finalizar, como ya se ha indicado, todos los escombros y materiales deberán ser retirados para comenzar de manera segura las labores previas al inicio de la obra.

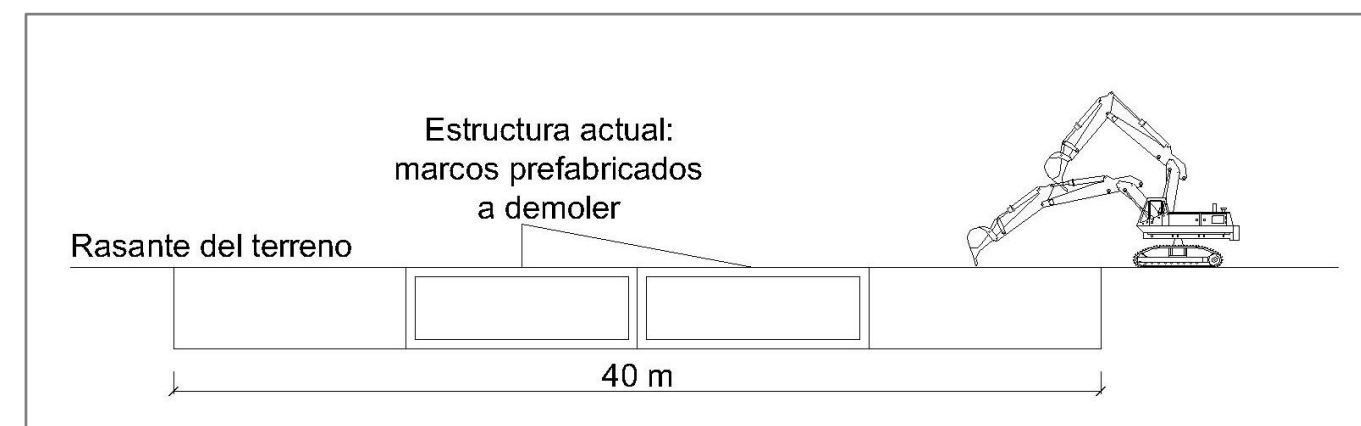


Figura 3. Alzado de la estructura actual a demoler.



Figura 4. Planta de la estructura actual a demoler.

2.2. Operaciones previas.

Una vez realizadas todas las labores de deconstrucción (tanto de cajeros como de tablero), dejando libre la zona de actuación y los accesos, y de forma previa al inicio de las obras se realizarán una serie de actividades que tienen el objetivo de preparar todo lo necesario para la ejecución del puente sobre la Rambla d'Alcalá. Estas actividades comprenden también la obtención de todos los permisos y licencias requeridos por la administración (licencia de obras, Plan de Seguridad, certificado de comienzo de obra, etc). Muchas de éstas, ya se han realizado en el planteamiento de las labores de demolición, como por ejemplo, el vallado perimetral y el desvío de suministros entre otros.

Posteriormente se realizará el replanteo de la obra. Una vez realizado éste, y de forma que no haya ningún error en el mismo, se procederá a la firma del Acta de Replanteo (documento que a partir de la firma se transforma en un documento de carácter contractual). El replanteo es una operación continua durante la ejecución de la obra, para poder situar en todo momento los puntos correspondientes.

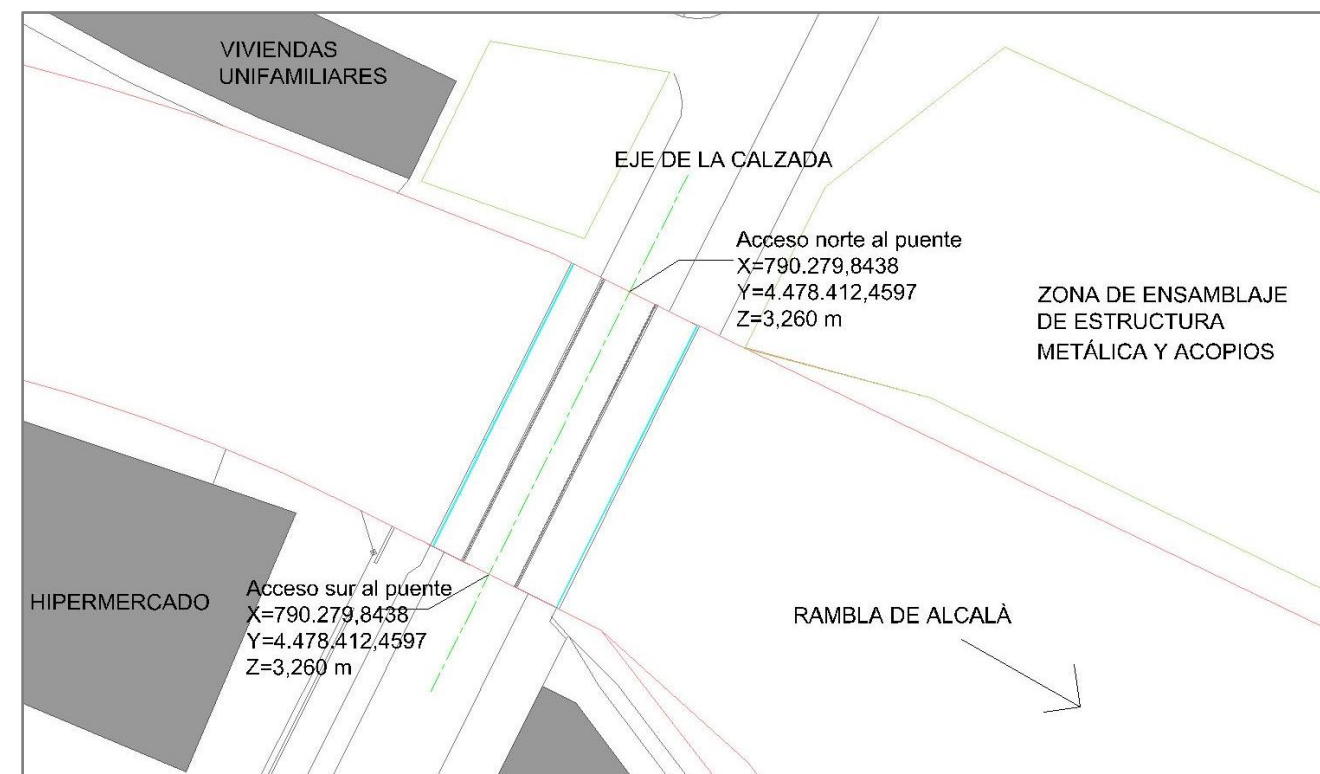


Figura 5. Planta de replanteo de la estructura.

Con la firma de dicho documento, se comenzarán los trabajos de desbroce y limpieza de toda la tierra vegetal existente (aquella que no se haya eliminado durante las labores de demolición). Se dotará el área de trabajo con las "casetas de obra" necesarias y se acondicionará la zona de acopio de materiales y la zona de ensamble de la estructura metálica, situada aguas abajo y en la parte izquierda. Como se ve en la imagen, se dispone de una zona bastante extensa de terreno, donde se acometerán todas las operaciones de ensamble de la estructura así como la deposición de materiales de rellenos y su correspondiente acopio, de forma claramente ordenada en el espacio disponible.

Durante el desbroce y limpieza del terreno se realizará también el de la zona de acopios y ensamble, reponiendo tras la ejecución de la obra la vegetación existente.



Figura 6. Zona de ensamblaje y acopio situada aguas abajo de la estructura.

2.3. Movimiento de tierras.

Con todo ello, finalizarán las operaciones previas al inicio de la obra, y darán comienzo todos los movimientos de tierra necesarios, que comprenderán las siguientes tareas. Tras la retirada de tierra vegetal y escombros, se procederá a realizar la excavación. Para realizar la cimentación de los estribos de forma adecuada, se tiene que llevar a cabo la eliminación temporal del agua de la zona ya que el nivel freático se encuentra cerca de la superficie en ambos estribos (a 3.48 m por debajo de la rasante del terreno). Debido a esto, la tarea de excavación se dividirá en dos fases: la del perfilado del terreno (para la posterior hinca de tablestacas) y la fase de vaciado de los pozos de excavación.

La primera de ellas tiene como objetivo establecer un buen rasanteado, nivelado y un correcto perfilado, para la correcta hinca de las tablestacas. Esta operación se realizará con dispositivos auxiliares de nivelación y cepillado, que o bien se pueden implementar en la retroexcavadora utilizada anteriormente para las labores de demolición, o bien colocarla en alguno de los cargadores que se dispondrán para realizar las tareas de acopio y carga de material. Se considera que el uso de una motoniveladora específica para esta labor, siendo tan pequeña la zona a nivelar, sería un gasto bastante considerable, por lo que se descarta.

Para la realización de las tareas de movimiento de tierras y subestructuras, debe realizarse el relleno del lecho de la rambla, para poder trabajar por encima del nivel freático y tener una superficie debidamente rasanteada donde apoyar la maquinaria. Para ello, se rellena hasta la cota 0 de material granular procedente de préstamo, y se realiza una rampa de acceso al cauce por donde pueda acceder la maquinaria. A pesar de que esto supone una invasión del cauce con unas condiciones más desfavorables que la situación final, se trata de un relleno temporal que se realizará en los meses con menos probabilidad de avenida (además que se trata de una situación más favorable para el curso de la rambla que la existente actualmente).

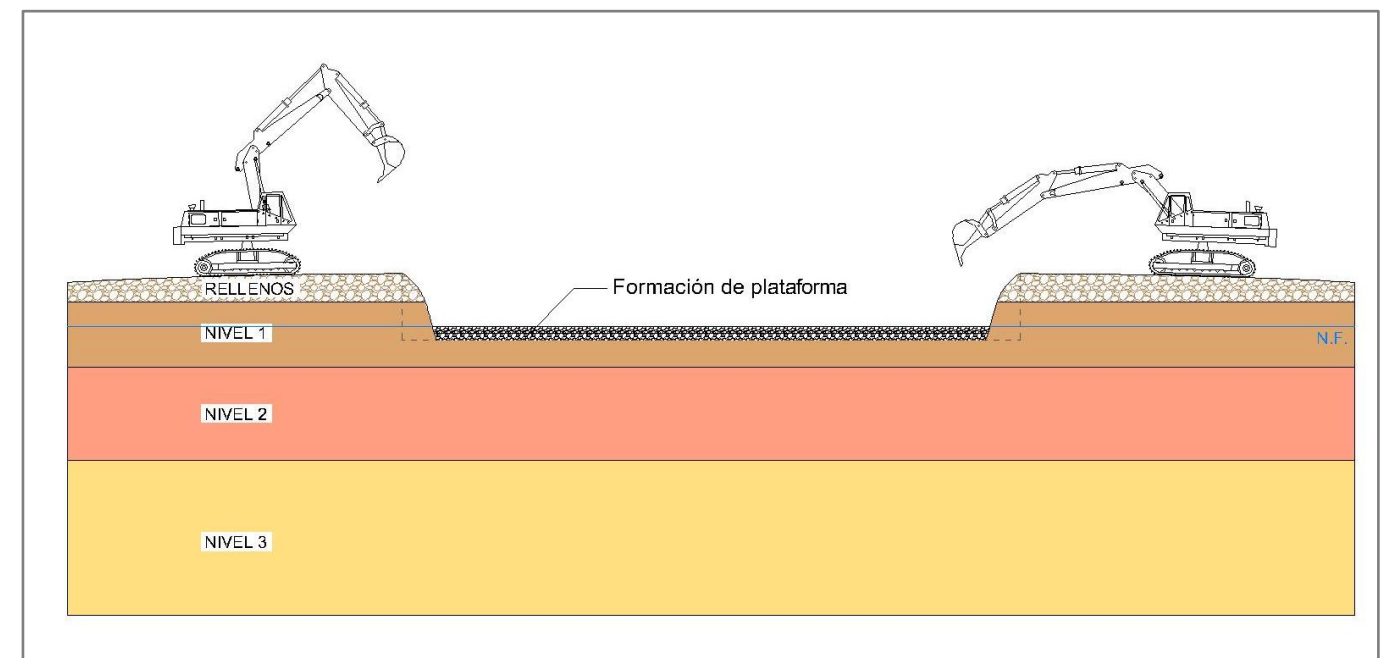


Figura 7. Primera fase de excavación: perfilado del terreno y formación de plataforma de trabajo.

Una vez alcanzado el correcto perfilado de la zona, se procede a hincar las tablestacas, con ayuda de un martillo de simple efecto. El recinto de tablestacas estará formado por cuatro pantallas, siendo la del lado de la rambla de una longitud menor (al tener que contener únicamente las tierras que se encuentran bajo el lecho de la rambla, que se encuentra a la cota -0.7 metros). Las características de las tablestacas están definidas en el anejo Nº4 "Comprobación y diseño de subestructuras".

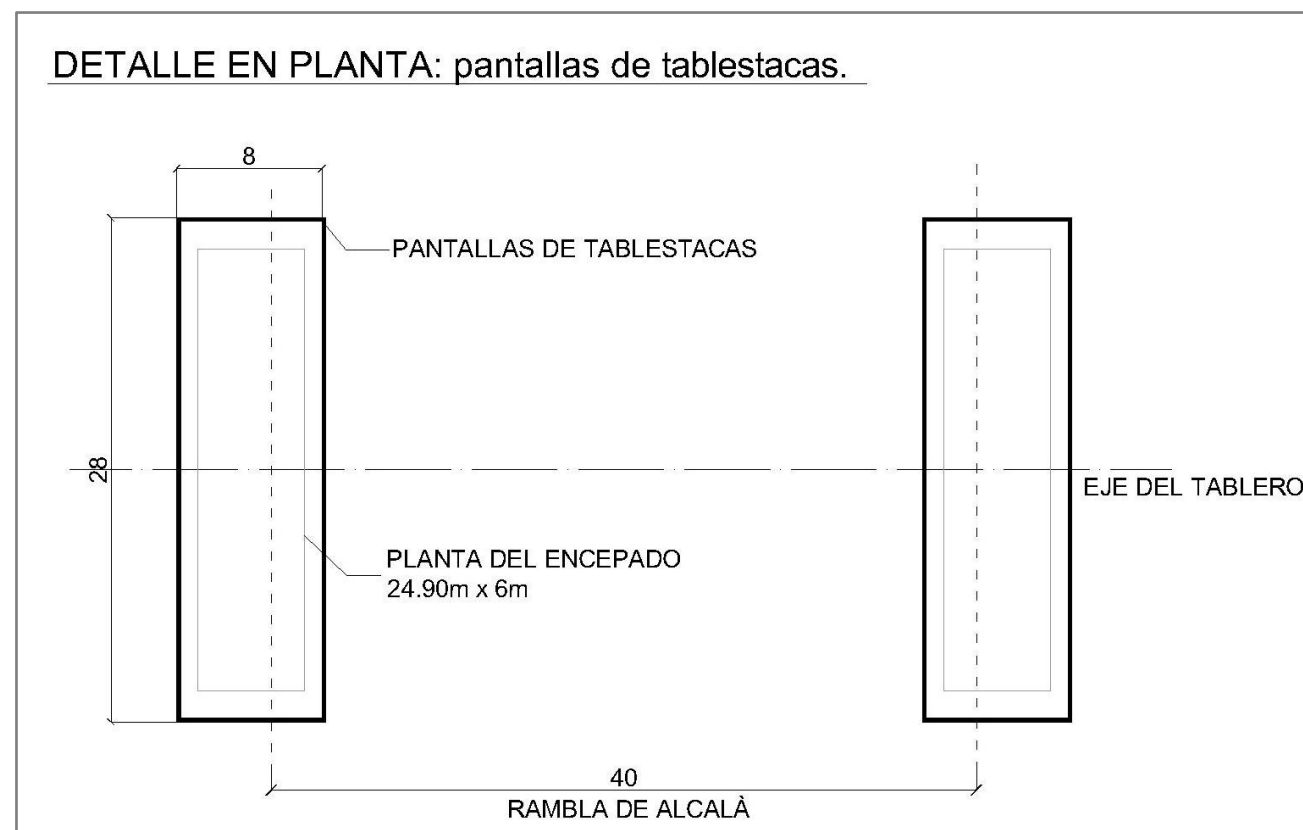


Figura 8. Detalle en planta: pantallas de tablestacas.

Finalizada la primera fase se acomete a realizar la segunda, correspondiente al vaciado de los pozos de excavación. Para ello se utiliza la misma retroexcavadora sobre orugas (Caterpillar 345D L o similar). Durante la excavación, el material extraído perteneciente a los estratos que puede ser reutilizado para relleno se acopiará en la zona asignada para tal fin, para poder emplearlo tras la ejecución de los estribos. El material extraído no válido para relleno se trasladará a vertedero.

Finalmente se realizará el relleno de los estribos con material granular procedente de préstamo, de forma que como se ha comentado anteriormente se disponga de una superficie de apoyo apta para el trabajo de la maquinaria y se pueda trabajar por encima del nivel freático, dando continuidad al relleno realizado anteriormente en el cauce de la rambla.

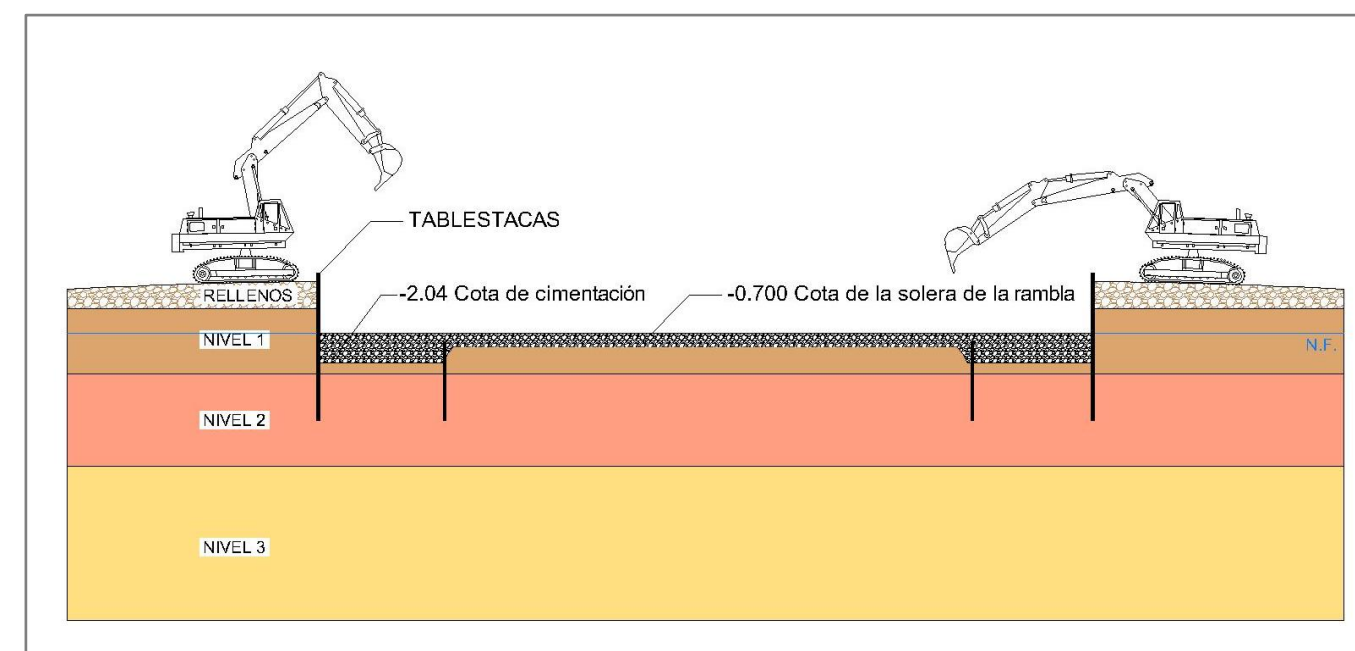


Figura 9. Hinca de las tablestacas y segunda fase de excavación: vaciado de los pozos.

2.4. Subestructuras (Pilotes, encepado y muro).

Una vez terminada la hincada de tablestacas y la posterior excavación para el vaciado de los pozos, se puede comenzar con las tareas correspondientes a la cimentación. En este caso, se opta por un tipo de cimentación profunda, basada en pilotes perforados de hormigón armado "in-situ" (tal y como se describe y se comprueba en el anejo Nº4 "Comprobación y diseño de subestructuras").

Como se ha citado, se realizan pilotes perforados con entubación recuperable, cuya ejecución se efectúa vaciando el terreno por medio de una perforadora a rotación y entubando a la misma vez. El estribo sur presenta un terreno cohesivo el cual no requeriría entubación, sin embargo el estribo norte está compuesto por un primer estrato de gravas que haría necesaria la entubación. Debido a que el elevado coste económico de la entubación se debe al transporte del material y la maquinaria hasta la zona de actuación, se ha decidido realizar los pilotes mediante entubación recuperable en ambos estribos, quedando de este modo del lado de la seguridad.

Con el Acta de Replanteo firmada, se conocerán ya los puntos exactos donde se debe perforar el terreno.

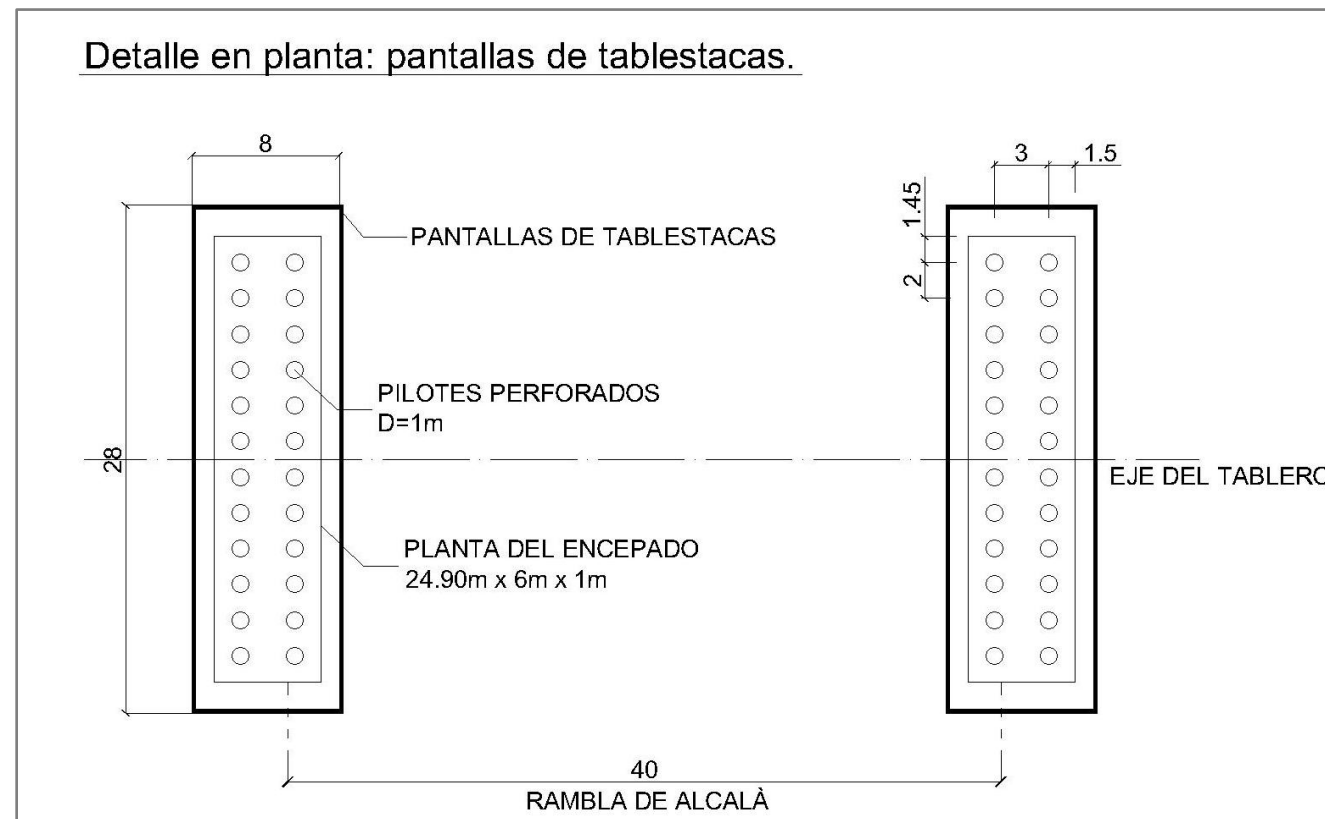


Figura 10. Detalle en planta: replanteo de los pilotes.

A partir de estos puntos, se debe comenzar con el centrado de los pilotes utilizando estacas en el centro geométrico de éstos, de forma que se marquen tres puntos equidistantes del centro (que sirven tanto para centrar como para comprobar las desviaciones durante el proceso). Seguidamente se realiza la excavación de los pilotes con ayuda de una máquina perforadora tipo PK-85TT CFA PILING RIG (de Llamada) o similar, y que a la vez introduce la entubación recuperable. Esta máquina es adecuada tanto para el diámetro de los pilotes que serán ejecutados ($D=1000\text{mm}$) como para su profundidad (15 m). Durante la excavación, se deberá poner gran atención a la verticalidad de los pilotes.

Posteriormente, se colocarán las armaduras de cada uno de los pilotes. Dicha operación se verá precedida del ensamblaje de estas armaduras en la zona habilitada para ello, y su posterior colocación en cada una de las perforaciones. Esta tarea se realizará con ayuda de una grúa móvil, ya que se descarta en un principio el uso de una grúa torre por la poca envergadura de la obra y el no disponer de un terreno lo suficientemente firme para apoyar esta grúa. Además, la grúa móvil permitirá poder desplazarla según el estribo (ya que se cuenta con adecuados accesos a ambas zonas) e incluso se podrá utilizar posteriormente en el izado de la estructura (tanto arco como tablero). Se utiliza una grúa móvil tipo Liebherr LTM 1100-4.2 o similar, cuyo alcance es de cerca de 60m y posee una carga máxima de 100 toneladas.

A continuación se introducirá el "*tubo tremie*" entre las armaduras, hormigonando desde la parte inferior a la vez que se extrae la entubación. Se utiliza una bomba para hormigonado montada sobre remolque, que posee un

rendimiento de 30m³/h (Tipo PC307 o similar). La altura excedente entre la cabeza de los pilotes y el relleno será rellanada mediante hormigón de baja calidad que será descabezado posteriormente.

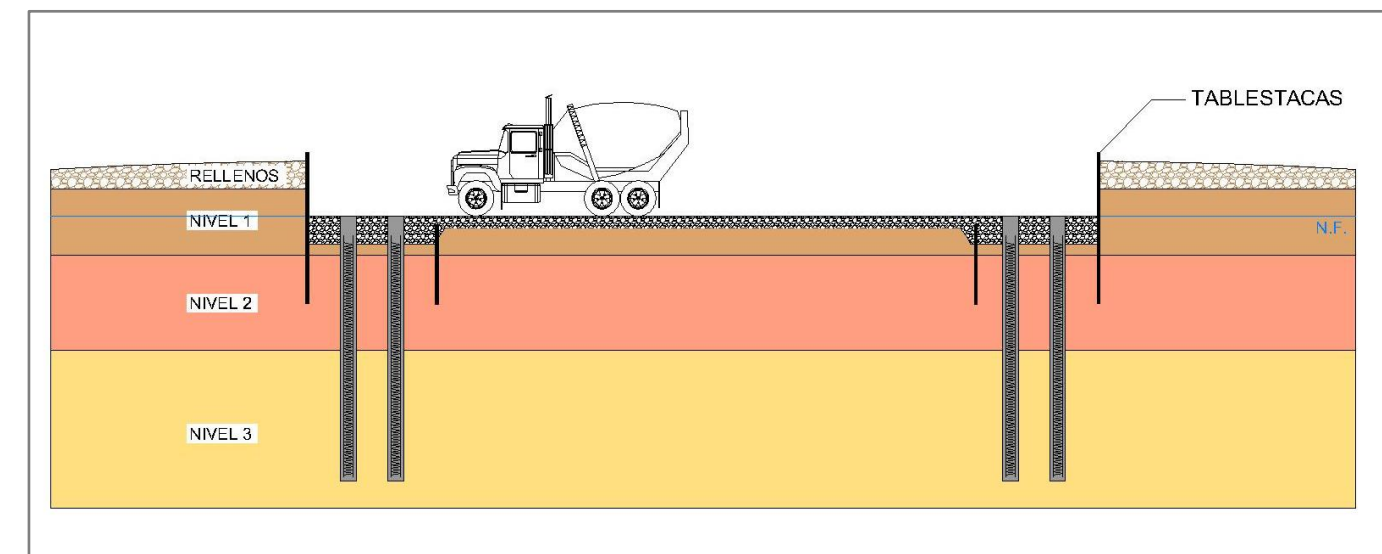


Figura 11. Excavación, entubación, colocación de armadura y hormigonado,

Una vez colocados los pilotes, se procederá al vaciado del relleno colocado en ambos estribos, y mediante la colocación de una bomba de drenaje seria DRENAX (modelo BSD26-20; con caudal $26 \text{ m}^3/\text{h}$ y altura máxima 20 metros) o similar, se extraerá el agua existente para conseguir de este modo un recinto perfectamente estanco para la realización del encepado, rebajando el nivel freático hasta la cota -2.15m (dejando de este modo 10 cm de margen con respecto a la cimentación). Se emplearán pozos de bombeo provisionales, mediante bombas sumergibles capaces de extraer el agua subterránea y vertiéndola mediante canalizaciones en el cauce. Inicialmente, se supondrá un volumen de agua a extraer calculado a partir de la siguiente expresión, utilizada en el cálculo de acuíferos.

$$V = S \cdot A \cdot \Delta H = 0.05 \cdot (28 \cdot 8) \cdot 2.15 = 24.08 \text{ m}^3$$

Donde:

- S es el coeficiente adimensional de almacenamiento. En el caso de las arcillas, asimilándolo a la porosidad eficaz, se toma un valor de 0.05.
- A , corresponde con la superficie a agotar que en este caso se trata del recinto interior de las tablestacas.
- ΔH se corresponde con la diferencia de cota entre el nivel freático (cota 0 m.s.n.m.) y la cota hasta donde se pretende rebajar el nivel freático.

Este volumen corresponde a cada uno de los dos estribos, por lo que utilizando la bomba anteriormente mencionada se podría llevar a cabo el rebajamiento del nivel freático en una hora (cada uno de los estribos). De este modo, no influiría en el desarrollo del resto de tareas al poderse realizar alternativamente en los estribos junto con la ejecución del resto de tareas.

En función del tipo de terreno existente se calcula a continuación las horas necesarias de bombeo para extraer la totalidad de agua filtrada durante la construcción del encepado y de los muros. Como se trata de un terreno

arcilloso de baja plasticidad, la permeabilidad toma un valor muy pequeño por lo que el caudal de agua resulta casi insignificante en el área excavada entre tablestacas.

La permeabilidad es igual a:

$$k = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$$

Según la fórmula de Darcy, caudal resultante sería:

$$Q = k \cdot \frac{\Delta h}{L} \cdot A = k \cdot i \cdot A = 10^{-8} \cdot \frac{2.04}{8} \cdot (28 \cdot 8) = 5.712 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0.050 \text{ m}^3/\text{día}$$

El valor obtenido supone un caudal menor a 1 m³ al día, pero por razones ajenas como pueden ser la precipitación o una pequeña avenida en la rambla, se tomará como tiempo de funcionamiento de la bomba 8 horas diarias durante los días en los que se acometan las tareas de las subestructuras, ya que su coste económico depende únicamente de los días de alquiler de la bomba.

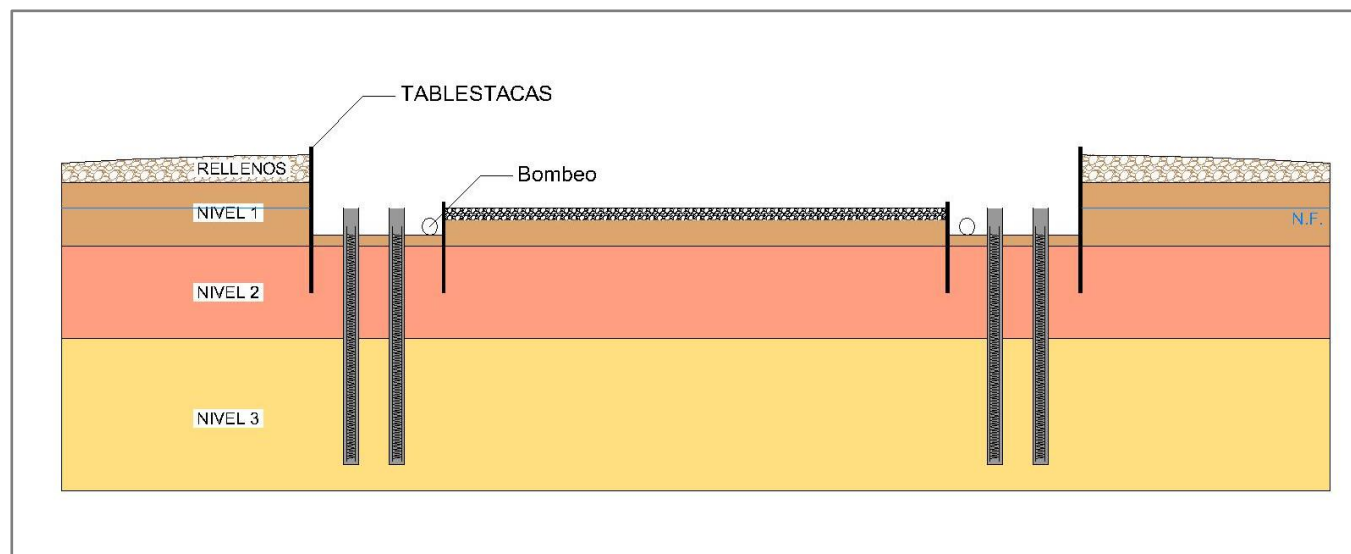


Figura 12. Retirada relleno de los estribos y colocación de bombas para eliminación de agua.

A continuación, se realiza el descabezado de los pilotes, eliminando el hormigón de baja calidad que queda en superficie y dejando al descubierto las armaduras en cabeza del pilote, para su posterior entrelazado con el encepado. Finalmente se encofra, se colocan las armaduras y se hormigona el encepado.

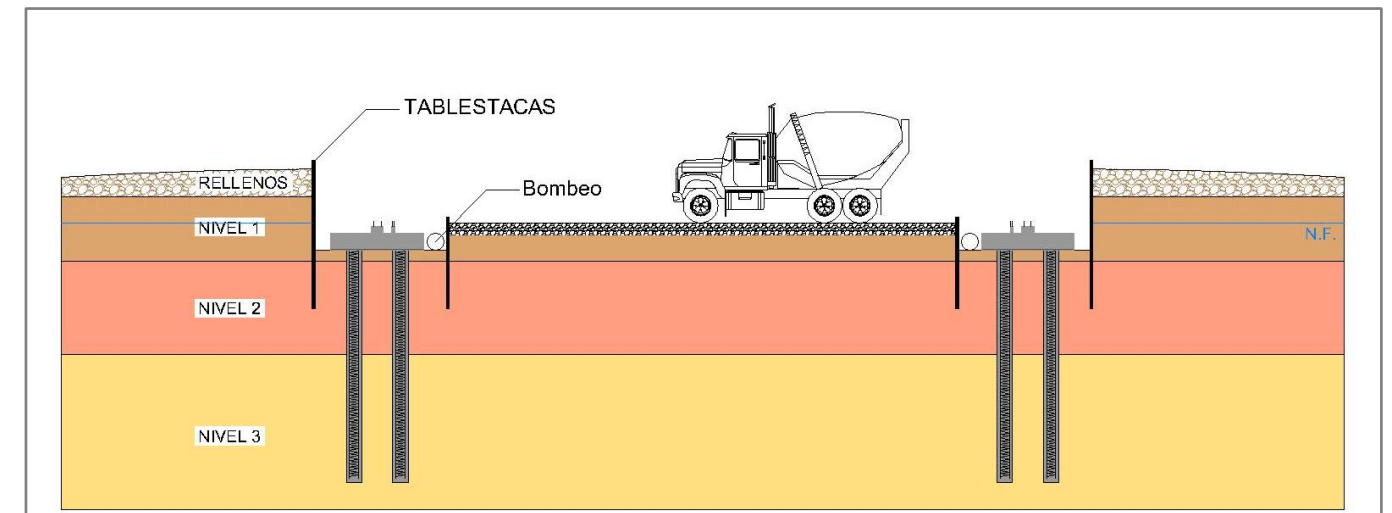


Figura 13. Encofrado, armado y hormigonado del encepado.

La siguiente tarea será la de construir los muros que conforman el estribo, junto con los muros del cajero. Antes de comenzar, se debe comprobar que el hormigón del encepado ha alcanzado la suficiente resistencia y entonces, se realizarán los encofrados de los muros que constituirán los estribos y cajeros, y sus correspondientes armaduras (dejando, durante el hormigonado del encepado, las esperas que entrelazan los muros), así como la colocación del relleno de porexpan existente entre ambos muros.

Se hormigona todo el muro exceptuando el murete de guarda. Este se realizará a la vez que la losa estructural para asegurar que la separación necesaria entre ambas para la colocación de las juntas de dilatación no se ve afectada por defectos constructivos.

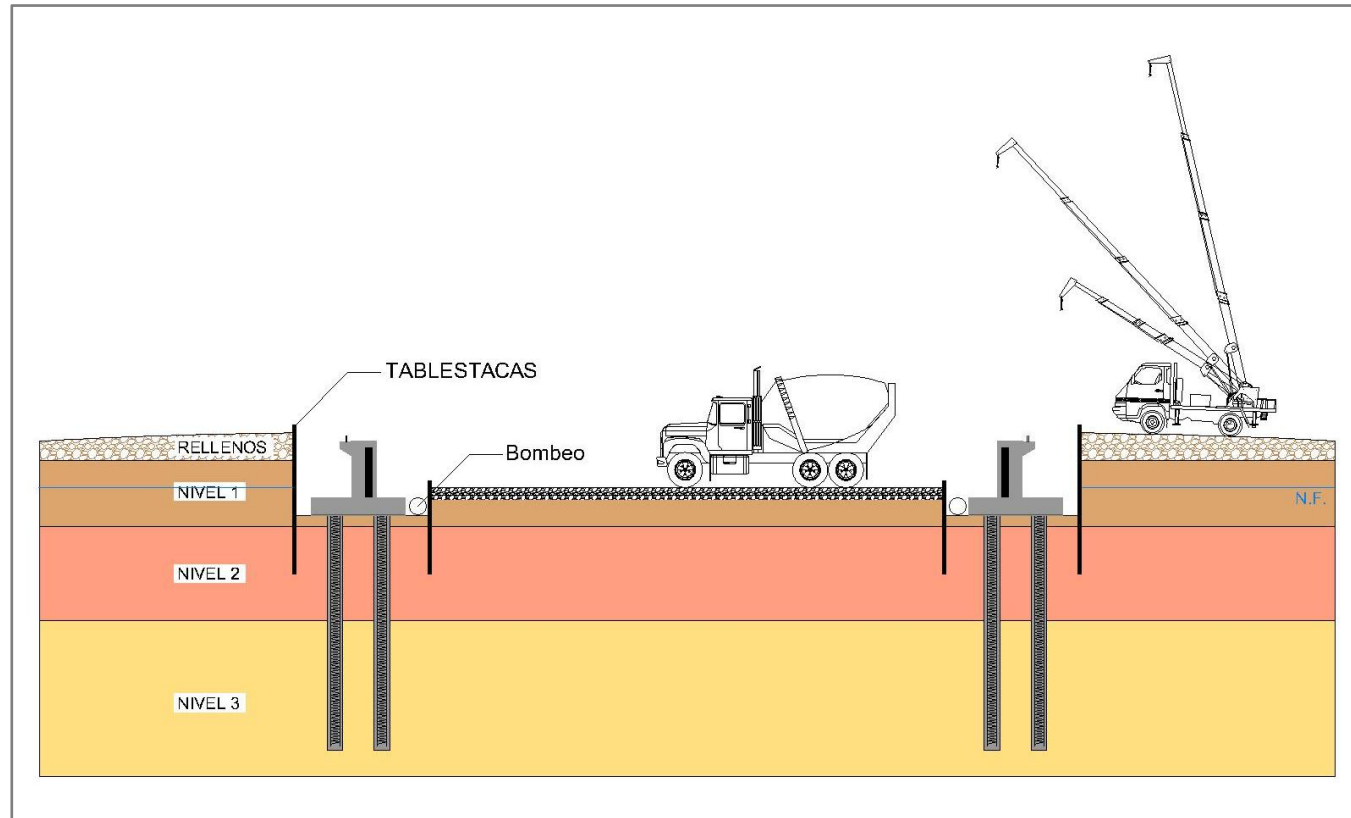


Figura 14. Encofrado, armado y hormigonado de los muros del estribo y del cajero.

Una vez finalizada la ejecución de los estribos (y de los cajeros) se procederá al relleno y compactación de los pozos y terraplenes con el correspondiente material granular filtrante y el relleno seleccionado procedente de cantera, hasta la cota construida del estribo ya que como se ha mencionado anteriormente el muro de guarda se hormigona conjuntamente con la losa del tablero. Cuando se haya finalizado el relleno, se pueden extraer las tablestacas.

Por último, se colocarán los aparatos de apoyo de neopreno en ambos estribo, de forma que pueda comenzar la colocación de la superestructura y ésta quede debidamente apoyada sobre ellos.

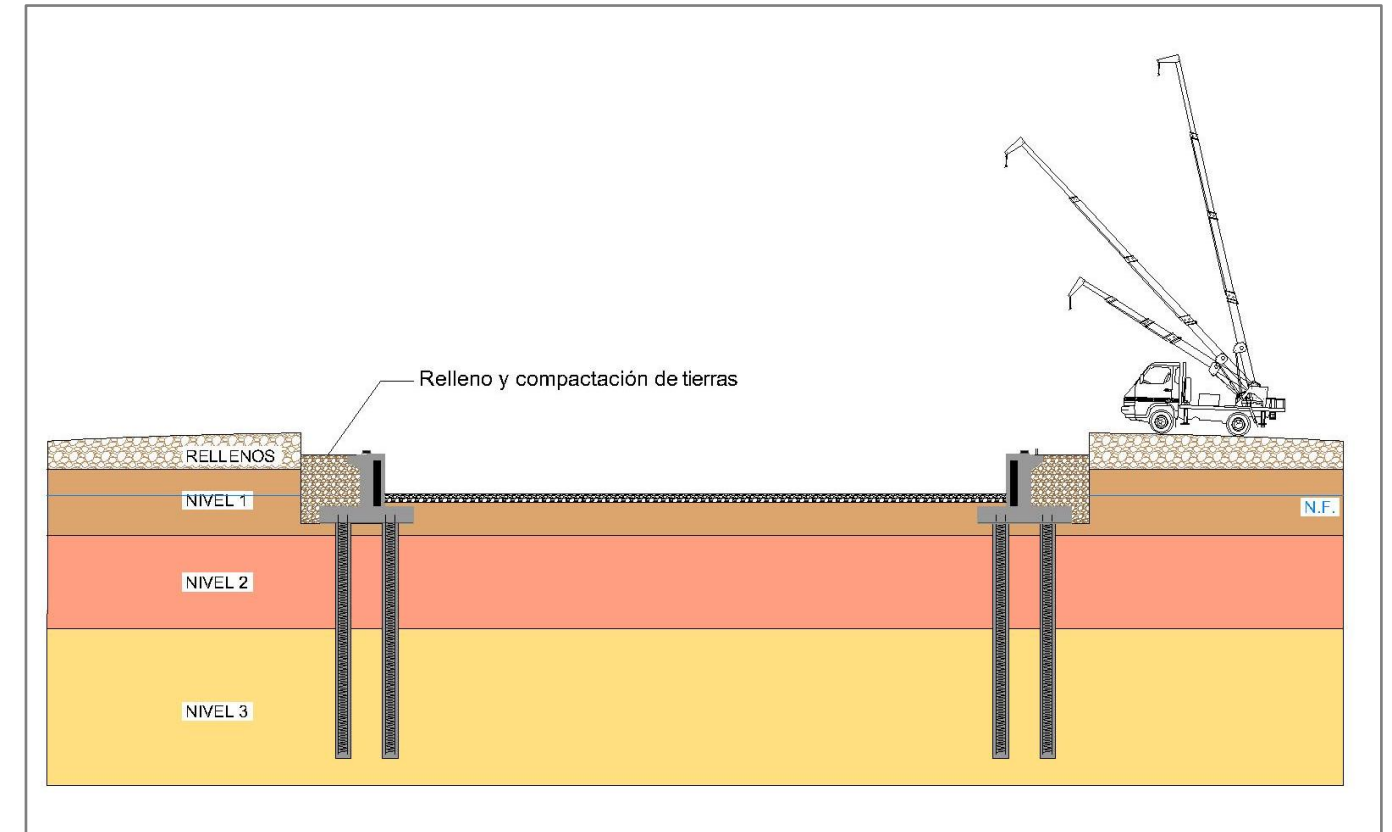


Figura 15. Relleno y compactación de tierras. Colocación de aparatos de apoyo.

El relleno que había sido colocado en el lecho del río no se retira, de forma que pueda acceder la maquinaria para la colocación de la estructura en los tramos centrales y los operarios para realizar la soldadura de la estructura en la ubicación definitiva. De esta forma se dispone de una superficie plana y resistente al paso de estos vehículos.

2.5. Superestructura (Tablero, arco y péndolas).

Al tener restringido el transporte por carretera en 12 m, está presente la obligación de dividir la estructura (tanto el arco como el emparrillado, formado por las vigas que soportan la losa) en varias partes, ya que ambos tienen una longitud mayor de 40 m. Concretamente, se tienen nervios longitudinales de 43 m y los cuales se pueden caracterizar ya que en los extremos se abren en dos pies, al igual que el arco, de forma que se redireccionen los esfuerzos ejercidos. La forma de estos nervios longitudinales es bastante peculiar, quedando como dos "Y" ensambladas en el extremo individual. Para su transporte, como la distancia entre los pies es de 6.8 m en arranques, hay que dividir en varios tramos ya que no sería posible su transporte por carretera.

Por lo tanto, el tramo central que se podrá transportar sin ningún problema, se dividirá en tres partes: la parte central (ya que la zona de mayores esfuerzos corresponde a la parte central de los nervios longitudinales y es más recomendable que vengan del taller y no haga falta soldarlas en obra) y los tramos laterales, donde se tienen las aberturas serán transportados fragmentados en 3 partes: el nudo y los dos pies por separado. Se opta porque la unión central del nudo, que conforma un punto conflictivo, se lleve a cabo en taller.

Por lo que respecta a la soldadura en obra, se ha habilitado una zona de ensamblaje donde se realizará la unión de los tramos transportados en tres tramos independientes, los cuales serán soldados en el emplazamiento final con ayuda de tres apeos provisionales ubicados en el lecho de la rambla (uno de ellos, situado en el centro-luz de la estructura servirá únicamente de apoyo para la estructura).

A parte de los nervios, también hay una serie de vigas de piso que conforman las vigas exteriores en cuchillo y las vigas interiores de calzada. Estos elementos se dividirán en lo que se transportará en un módulo único junto las vigas longitudinales en los tramos centrales, y los que corresponden a los laterales donde se tienen las aberturas, serán transportados a parte y se unirán en la obra. Esto se realiza para facilitar el ensamblaje de la estructura metálica en obra, las piezas de los tramos centrales se pedirán a taller con los nudos ya ensamblados. De esta forma la soldadura a ejecutar en obra no se realiza en un punto tan conflictivo como es el nudo en la mayor parte de la estructura.

De igual forma, la riostra de apoyo será transportada también en tres tramos, de modo que no se realice la soldadura de ninguno de los nudos conflictivos en obra.

En cuanto al tema de la colocación en obra, una vez transportados y ensamblados todos los elementos en la zona de ensamblaje, se tiene presente una estructura conformada por tres partes.

En primer lugar, se izan los laterales (los dos pies junto con el nudo) bien desde el lateral de la estructura o desde el cauce de la rambla si se complica su colocación, y se apoyan en los apoyos provisionales dispuestos. Después, se coloca y se suelda el tramo central a los laterales que se encuentran biapoyados en los apeos correspondientes. Para la colocación de estos apeos provisionales y el izado de todos los tramos de estructura, se utiliza la grúa anteriormente usada para el izado de la armadura de los pilotes (grúa móvil tipo Liebherr LTM 1100-4.2 o similar), que deberá ser capaz de elevar el peso de cada parte de la estructura.

El despiece exacto de la estructura metálica para su colocación en obra y la posición definitiva de los apeos no es objeto de este anejo, únicamente se expone un posible procedimiento de construcción de esta fase de la obra y

unas dimensiones aproximadas. De igual forma deberá elegirse una disposición adecuada para que los diferentes tramos montados en obra soporten de forma adecuada los esfuerzos a los que se ven sometidos durante la construcción.

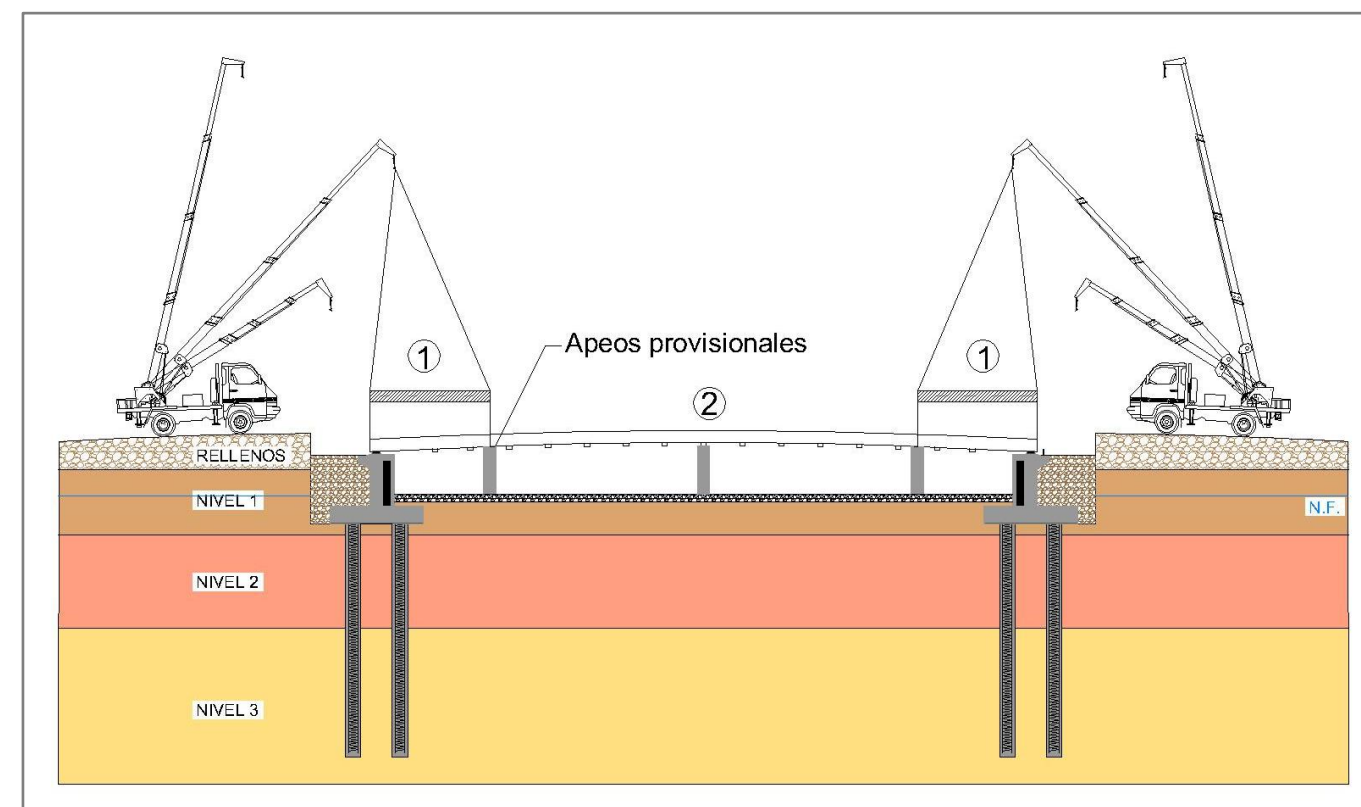


Figura 16. Colocación entramado metálico.

Por tanto, una vez colocada la parte de tablero de una fase, lo siguiente será la colocación del arco. Para ello, se opta por dividir el arco en tres tramos, un tramo central (dividido en dos) y dos tramos extremos. La disposición que se ha elegido (en lo que al arco se refiere) es bastante compleja, formada por arranques que terminan con aberturas en forma de dos pies y una serie de elementos de unión entre ellos (una cruz de San Andrés y una barra transversal). Por ello, se ve más conveniente que el transporte se realice al igual que en el tablero, el tramo central por una parte y luego los tramos extremos (arranques del arco) separados en los dos pies, junto con los elementos de arriostramiento de estos.

Una vez en obra, se colocarán encima del tablero tres apoyos provisionales, también tipo torre y alineados verticalmente con los anteriores, en los que se apoyarán los tramos del arco mientras se procede a la unión de éste a la viga longitudinal en arranques. En taller se coloca una cartela horizontal en extremos de arco (tanto en arranques como en la unión con el tramo central) para proceder de forma adecuada a soldar los diferentes tramos. El proceso sería: primero colocar los dos extremos de arco, con la unión respectiva en arranques y su apoyo en los apoyos provisionales, y finalmente izar el tramo central (unido en la zona de ensamblaje) y soldarlo con ayuda de las cartelas y los apoyos dispuestos.

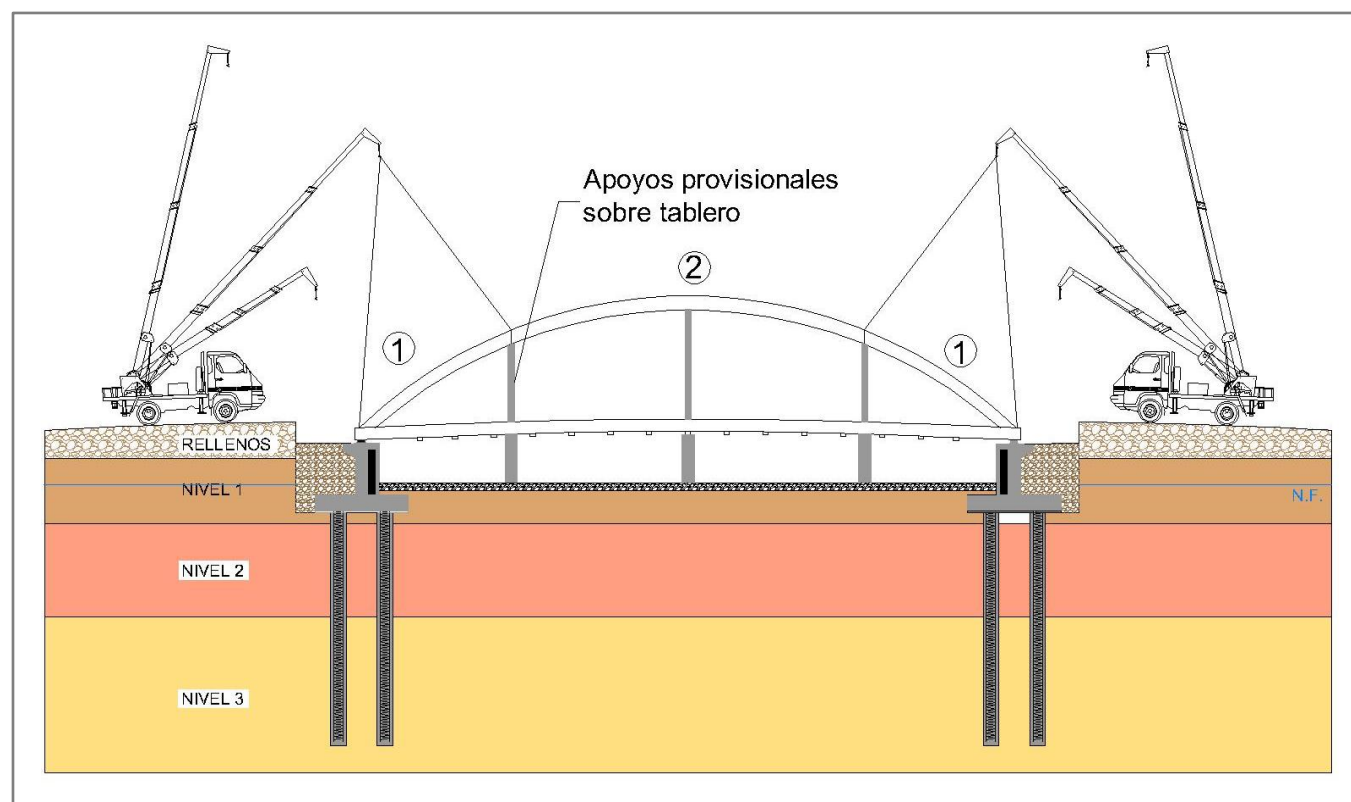


Figura 17. Colocación del arco.

Mediante este método el peso del arco queda distribuido entre los apoyos provisionales situados bajo el tablero que se deberán dimensionar teniendo en cuenta el mismo (y el peso de los apoyos provisionales de arriba).

Una vez dispuesto tanto arco como tablero, y sin quitar los apeos, se procede a la colocación y tesado de las péndolas flexibles (que se realizará de forma manual por los operarios). Esto se realiza colocando anteriormente, las cartelas correspondientes en arco y tablero para su correcta unión. Al finalizar esta tarea, ya se podrán retirar los apoyos provisionales ya que el puente quedara totalmente estable con las péndolas en tracción, como elemento encargado de sostener el tablero.

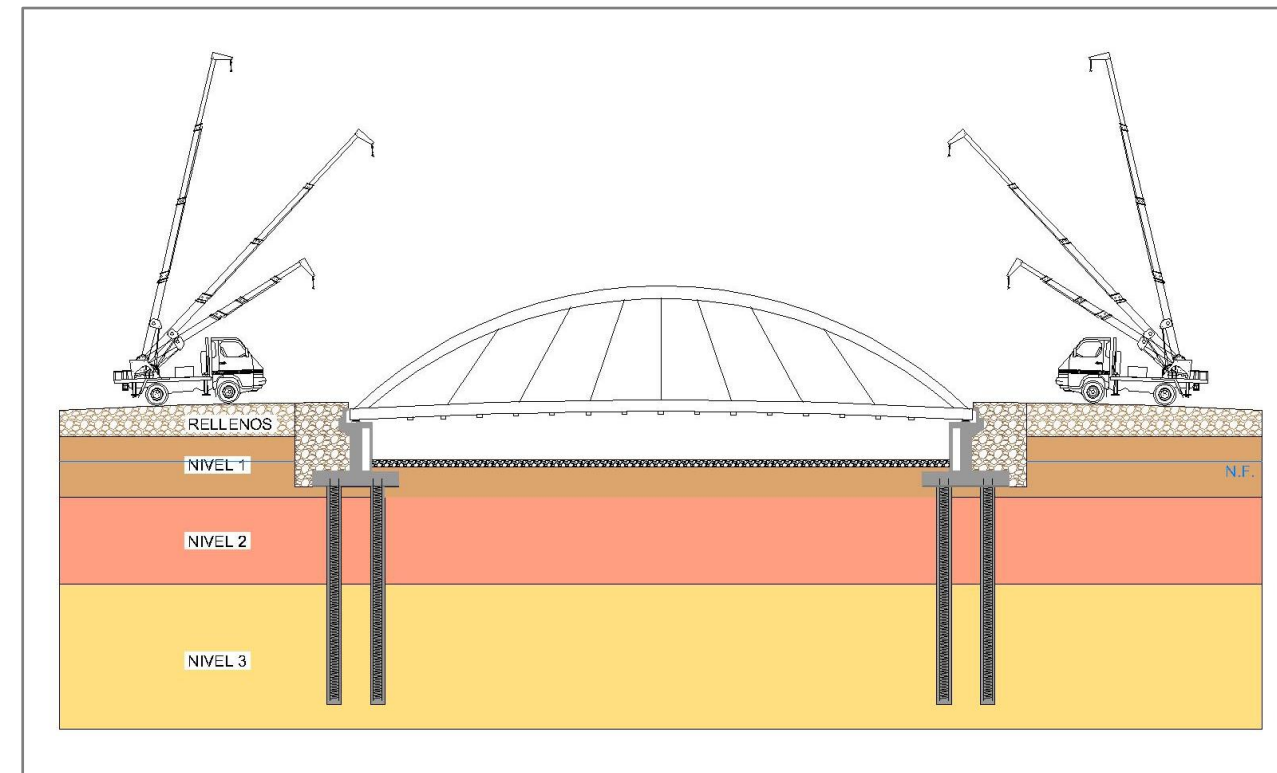


Figura 18. Colocación y tesado de las péndolas flexibles.

La colocación y montaje de la estructura metálica se realizará por separado de cada una de las vigas longitudinales con sus correspondientes vigas de piso, y cada uno de los arcos. Seguidamente se colocarán y soldarán los tramos centrales de vigas de piso, quedando completa la estructura metálica del puente.

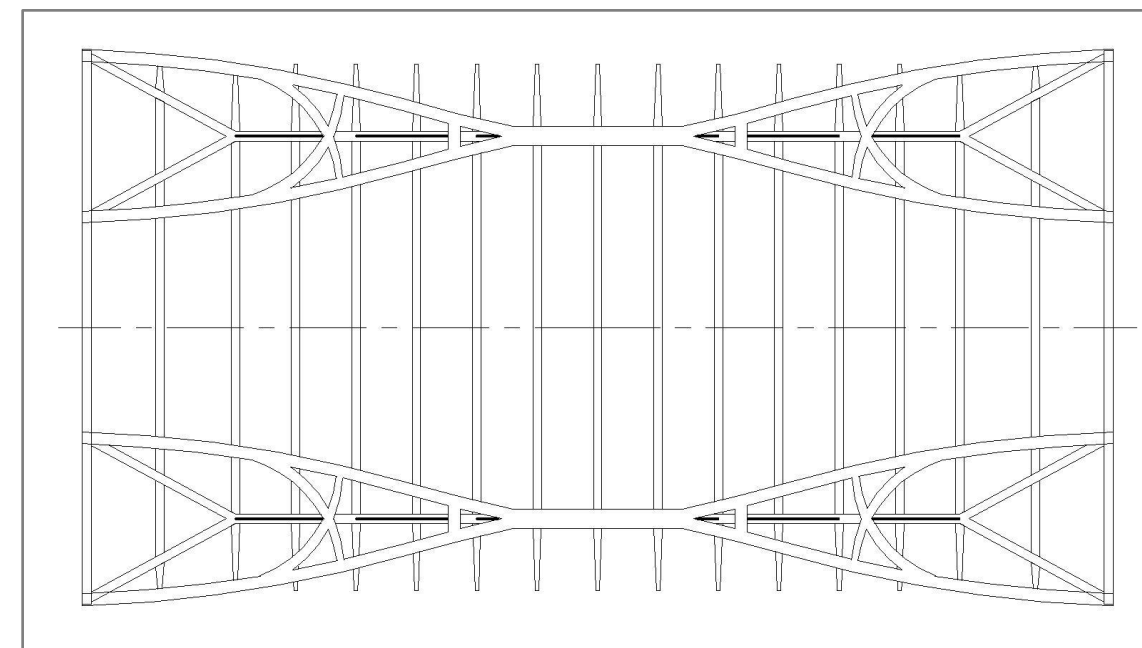


Figura 19. Planta de la estructura metálica.

2.6. Losa colaborante.

Una vez colocado todo el esqueleto metálico, y retirados los apoyos provisionales (tanto del arco como del tablero) se procederá a realizar la losa estructural. Para realizar la losa, se utilizará chapa colaborante a modo de encofrado, para después llevar a cabo todas las operaciones de encofrado de los laterales y ferrallado y ya finalmente, hormigonar la losa.

Como en este caso, se tienen divididas las pasarelas exteriores de la calzada principal, será necesario tener en cuenta la soldadura de los montantes de las barandillas exteriores a los cuchillos transversales que componen el emparrillado del tablero en estas pasarelas (todo ello de forma previa al hormigonado).

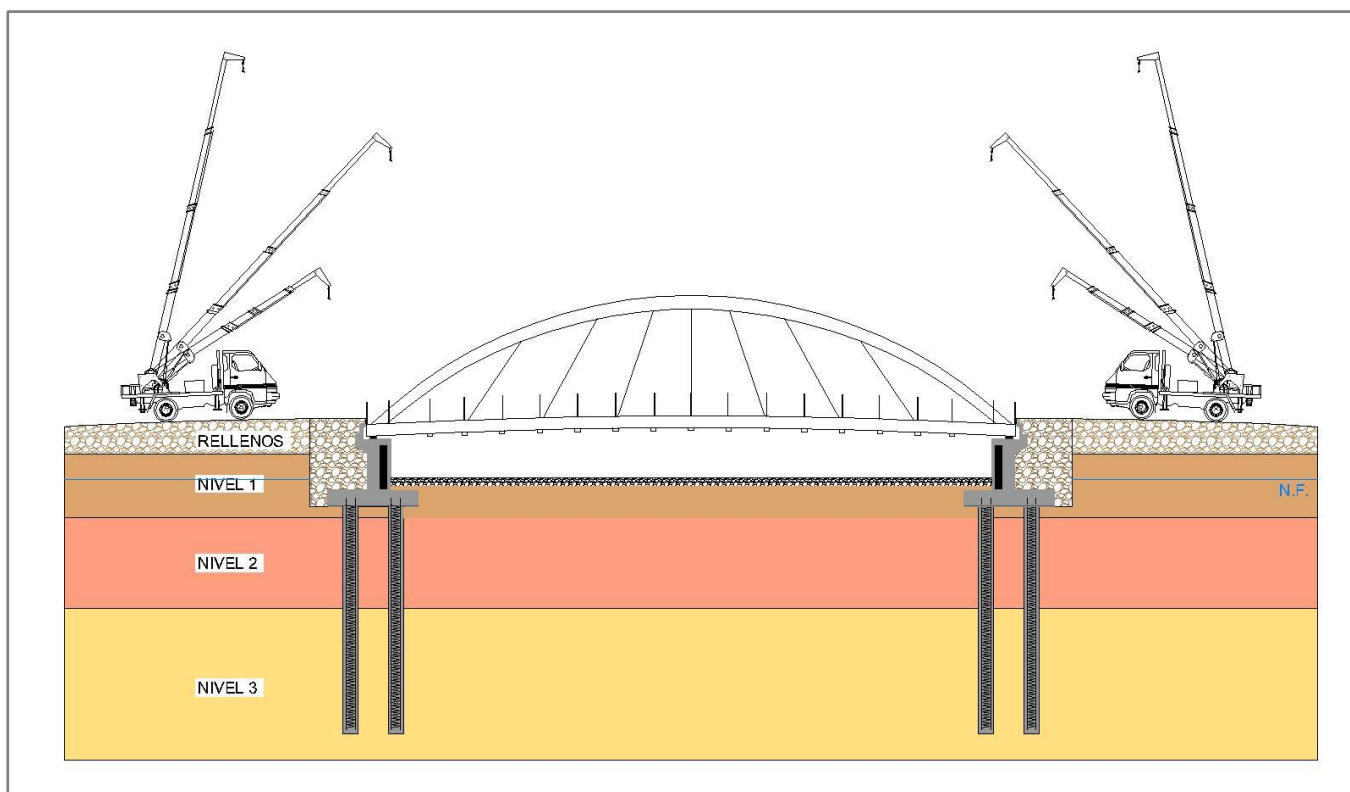


Figura 20. Colocación chapa grecada y soldadura montantes barandillas.

Para el hormigonado de la losa estructural, se utiliza una bomba para hormigonado montada sobre remolque, que posee un rendimiento de $30\text{m}^3/\text{h}$ (Tipo PC307 o similar) y se procede a hormigonar con la maquinaria donde se acopla la bomba situada en la rambla y realizando la operación desde arriba. Cuando se realicen todas estas tareas, se deberán cumplir todas las reglas impuestas en la normativa, para que el hormigón se deposite y fragüe de forma correcta.

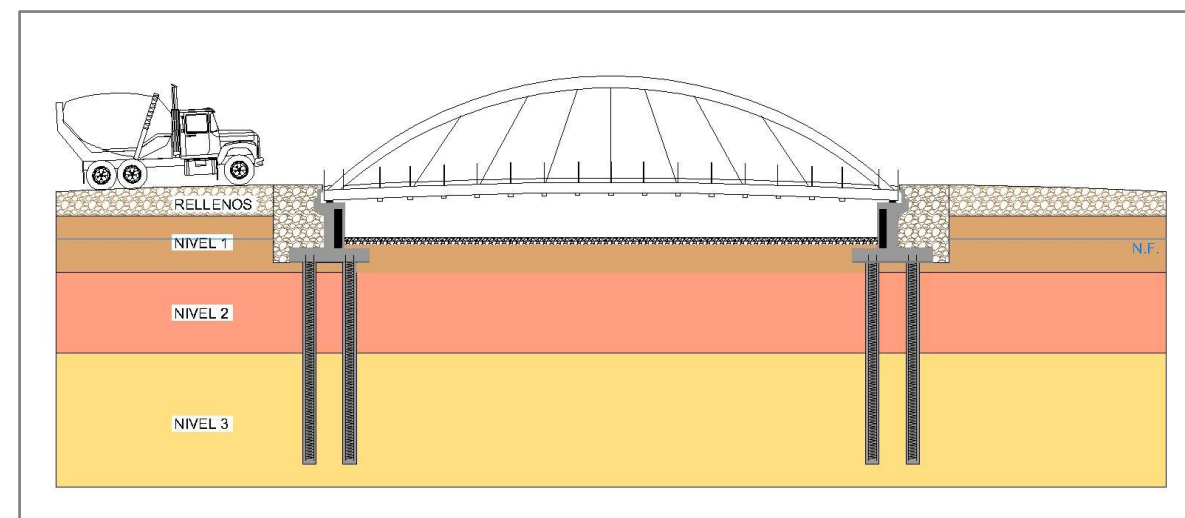


Figura 21. Encofrado, ferrallado y hormigonado de la losa estructural.

Finalizada la ejecución de las losas estructurales (al tener diferenciadas calzada de aceras tenemos tres), se lleva a cabo el tendido de conducciones en las pasarelas y se ejecutan las aceras seguido de la pavimentación tanto de calzada como de acera.

Tras acabar completamente la ejecución de aceras y calzada se repondrán los servicios desviados, se dispondrán las juntas de dilatación, se terminarán los equipamientos (iluminación...), los acabados finales del puente y se llevará a cabo el acondicionamiento y la nivelación de los accesos a la vez que se realizan las tareas correspondientes a la reposición de la vegetación de los entornos del puente (fundamentalmente en la zona destinada al acopio y ensamblaje). Paralelamente a estas actuaciones, se retira el relleno de material granular del lecho de la rambla, debiéndose realizar la correspondiente losa de hormigón del lecho de la rambla, tarea que queda fuera del objeto del Proyecto básico del puente.

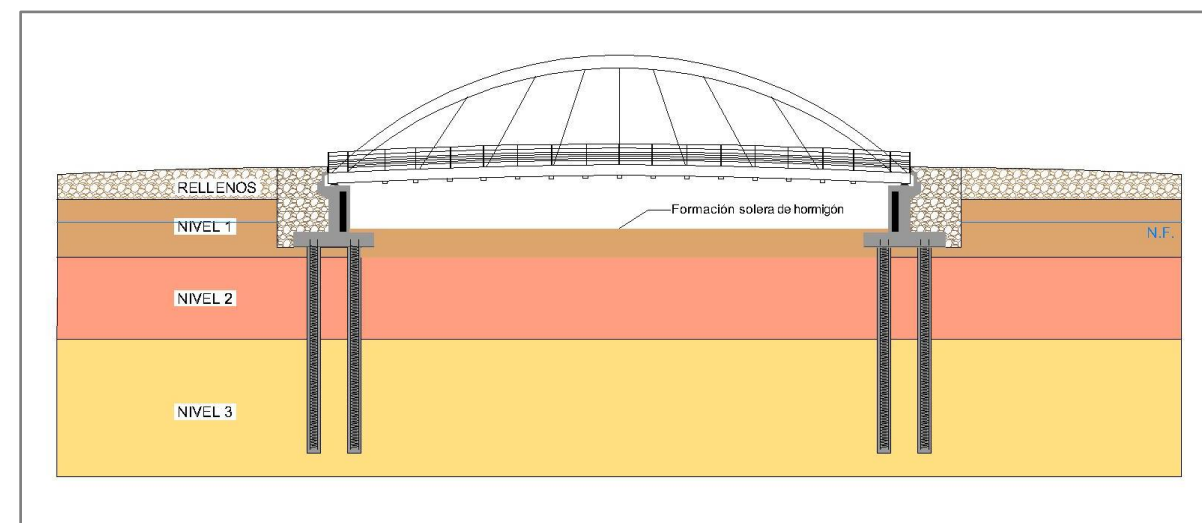


Figura 22. Retirada relleno del lecho de la rambla y formación losa.

